

Дослідження фізико-механічних характеристик багатофазних порошкових матеріалів з використанням ультразвукових методів неруйнівного контролю
Исследования физико-механических характеристик многофазных порошковых материалов с использованием ультразвуковых методов неразрушающего контроля
Investigation of physical and mechanical properties of multiphase powder materials using ultrasound nondestructive testing

1. Номер державної реєстрації теми № 0115U005689

2. Науковий керівник: к.т.н., Богдан Г.А., Богдан Г.А., Bohdan H.A.; к.т.н., доц. Галаган Р.М., Галаган Р.М., Galagan R.M.

3. Суть розробки, основні результати
(укр.)

Створено і досліджено експериментальний зразок ультразвукової системи діагностики фізико-механічних характеристик порошкових конструкційних матеріалів, в основу роботи якого покладено розроблені методи та засоби вимірювання швидкості поширення ультразвукової хвилі та опрацювання результатів вимірювання. Використання розробленої системи під час контролю фізико-механічних характеристик порошкових конструкційних матеріалів дозволяє зменшити на порядок випадкову похибку вимірювання швидкості поширення ультразвукової хвилі та середньоквадратичне відхилення розсіювання результатів контролю, обумовлене вимірювальним фактором.

Розроблено структурну схему, апаратну частину і конструкцію системи для оцінювання зміни фізико-механічних характеристик за результатами ультразвукового неруйнівного контролю. Зменшення сумарної похибки вимірювання швидкості поширення ультразвукової хвилі в порошкових конструкційних матеріалах було досягнуто за рахунок комплексного застосування автоматизації процесу отримання вимірювальної інформації, методів статистичної обробки даних, вдосконаленого ортогонального дискретного фазового методу вимірювання часової затримки і сукупності структурно-параметричних рішень.

Запропонований ультразвуковий метод вимірювання фізико-механічних характеристик порошкових конструкційних матеріалів та створений засіб, який його реалізує, дозволили забезпечити вимірювання швидкості розповсюдження ультразвукової хвилі в матеріалах з похибкою меншою за 1%.

Запропоновано методику проведення контролю фізико-механічних параметрів порошкових конструкційних матеріалів за отриманими результатами швидкості поширення ультразвукової хвилі та методику відпрацювання технології виготовлення порошкових конструкційних матеріалів за результатами ультразвукового неруйнівного контролю.

(рос.)

Создан и исследован экспериментальный образец ультразвуковой системы диагностики физико-механических характеристик порошковых конструкционных материалов, в основу работы которого положены разработанные методы и средства измерения скорости распространения ультразвуковой волны и обработки результатов измерения. Использование разработанной системы при контроле физико-механических характеристик порошковых конструкционных материалов позволяет уменьшить на порядок случайную погрешность измерения скорости распространения ультразвуковой волны и среднеквадратическое отклонение рассеяния результатов контроля, обусловленное измерительным фактором.

Разработана структурная схема, аппаратная часть и конструкция системы для оценки изменения физико-механических характеристик по результатам ультразвукового неразрушающего контроля. Уменьшение суммарной погрешности измерения скорости распространения ультразвуковой волны в порошковых конструкционных материалах было достигнуто за счет комплексного применения автоматизации процесса получения измерительной информации, методов статистической обработки данных, усовершенствованного ортогонального дискретного фазового метода измерения временной задержки и совокупности структурно-параметрических решений.

Предложенный ультразвуковой метод измерения физико-механических характеристик порошковых конструкционных материалов и созданное средство, которое его реализует, позволили обеспечить измерения скорости распространения ультразвуковой волны в материалах с погрешностью менее 1%.

Предложена методика проведения контроля физико-механических параметров порошковых конструкционных материалов по полученным результатам скорости распространения ультразвуковой волны и методика отработки технологии изготовления порошковых конструкционных материалов по результатам ультразвукового неразрушающего контроля.

(англ.)

An experimental sample of the ultrasonic system for diagnostics of physico-mechanical characteristics of powder structural materials was created and investigated, the basis of which is the developed methods and device of measuring the speed of propagation of the ultrasonic wave and processing of measurement results. The use of the developed system during the control of the physical and mechanical characteristics of the powder structural materials allows to reduce by an order the random error of measuring the speed of propagation of the ultrasonic wave and the standard deviation of the scattering of the results of the control due to the measuring factor.

The structural scheme, hardware and system design for estimation of change of physical and mechanical characteristics by the results of ultrasonic non-destructive testing is developed. The reduction of the total error of measuring the speed of propagation of the ultrasonic wave in powder structural materials was achieved due to the complex application of automation of the process of obtaining measurement information, methods of statistical data processing, advanced orthogonal discrete phase method of measuring time delay and a set of structural parameters.

The proposed ultrasonic method for measuring the physical and mechanical characteristics of powder structural materials and a device that implements it made it possible to ensure the measurement of the speed of ultrasonic wave propagation in materials with an error of less than 1%.

The method of control of physical and mechanical parameters of powder structural materials according to the obtained results of the speed of propagation of ultrasonic waves and the method of working out the technology of manufacturing powder structural materials according to the results of ultrasonic non-destructive testing.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності

Пат. №94998 України, МПК H01Q 3/26 (2006.01). Пристрій керування променем ультразвукової фазованої антенної ґратки / Баженов В.Г., Крепак Д.К., Галаган Р.М.; Укр. - №а200911436; Заявл. 10.11.2009. Опубл. 25.06.2011. Бюл. №12/2011

5. Порівняння зі світовими аналогами

Результати роботи відповідають сучасному світовому рівню у колі питань розробки та практичного використання ультразвукової системи діагностики фізико-механічних характеристик порошкових конструкційних матеріалів. Виготовлено діючий макет, який за своїми технічними характеристиками кращий за відомі аналоги.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Результати розробки актуально запровадити для покращення стану сучасного вітчизняного приладобудування. Дослідження розробленої ультразвукової системи дозволяє говорити про покращення його технічних характеристик, суттєве збільшення можливостей контролю в порівнянні з традиційними системами.

Просування результатів роботи на ринок збуту пропонується обговоренням результатів розробки на вітчизняних та міжнародних конференціях, що є рекламними заходами розробки, впровадженням розроблених теоретичних та практичних положень у практиці.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації)

Використання результатів роботи є доцільним в провідних приладобудівних установах м. Києва (та й загалом України), що працюють в сфері порошкової металургії, машинобудування, робототехніки та аерокосмічної техніки.

Користувачами отриманих результатів можуть бути виробничі промислові підприємства, розробники приладів неруйнівного контролю різного призначення як вітчизняні, так і закордонні.

8. Стан готовності розробки

Теоретичні розробки НДР актуально запровадити для покращення стану сучасного вітчизняного приладобудування. Розроблено зразок ультразвукової системи діагностики фізико-механічних характеристик порошкових конструкційних матеріалів. Виготовлено діючий макет, який демонструвався на національних та міжнародних виставках.

9. Існуючі результати впровадження

Результати теоретичних та експериментальних досліджень впроваджені в ТОВ НВФ «Діагностичні прилади» (м. Київ), ТОВ «Інженерно-будівельна компанія «Укрспецбуд»» (м. Київ), у навчальний процес кафедри приладів та систем неруйнівного контролю КПІ ім. Ігоря Сікорського під час викладання курсів «Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю» та «Автоматизовані засоби акустичного неруйнівного контролю».

10. Назва організації, телефон, E-mail

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", приладобудівний факультет, кафедра приладів і систем неруйнівного контролю, 044-204-95-47, psnk@kpi.ua.

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень

1. Галаган Р.М. Ультразвуковий контроль відкритої мікроскопічної пористості фарфорових ізоляторів [Електронний ресурс]: монографія / Р.М. Галаган, В.С. Єременко. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 116 с.
2. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю [Електронний ресурс]: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.

3. Галаган Р.М. Ультразвуковий штангенциркуль / Р.М. Галаган, М.В. Кащич // Методи та прилади контролю якості. Науково-технічний журнал. – Івано-Франківськ. – 2008. – Вип. №20. – С.18-20.
4. Галаган Р.М. Підвищення точності визначення швидкості ультразвукових коливань при контролі порцелянових ізоляторів / Р.М. Галаган, В.С. Єременко // Методи та прилади контролю якості. Науково-технічний журнал. – Івано-Франківськ. – 2009. – Вип. №23. – С.96-101.
5. Галаган Р.М. Ультразвукова система діагностики технічного стану порцелянових ізоляторів / Р.М. Галаган, В.С. Єременко // Вісник Національного Технічного Університету України «КПІ». Серія приладобудування. – Київ. – 2011. – № 42. – С. 62-70.
6. Богдан Г.А. Метод определения коэффициентов затухания звука / В.Ф. Двиденко, В.Г. Баженов, Г.А. Богдан // X міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування 2011: стан і перспективи». Збірник тез доповідей / НТУУ «КПІ», Приладобудівний факультет. – Київ, 2011. – С. 206-207.
7. Єременко В.С. Шляхи мінімізації сумарної похибки вимірювання швидкості ультразвуку в матеріалах з неоднорідною структурою / В.С. Єременко, Р.М. Галаган // Електротехнічні та комп'ютерні системи. Науково-технічний журнал. – Одеса. – 2012. – № 06 (82). – С. 39-45.
8. Єременко В.С. Анализ влияния факторов, обуславливающих результат ультразвуковой структуроскопии фарфоровых изоляторов / В.С. Єременко, Р.М. Галаган // Научни известия на НТСМ. Scientific proceedings. – Болгария, Созополь, 2011. – Година XIX, Брой 1 (121). – С. 46–48.
9. Єременко В.С. Определение требований к метрологическим характеристикам приборов и методик при проведении ультразвуковой структуроскопии материалов / В.С. Єременко, Р.М. Галаган // Научни известия на НТСМ. Scientific proceedings. – Болгария, Созополь, 2012. – Година XX, Брой 1 (133). – С. 71–73.
10. Богдан Г.А. Прецизионный способ и устройство для измерения фазового времени распространения ультразвуковых сигналов в объекте контроля / Г.А. Богдан, В.Г. Баженов // - Научни Известия НТСМ, № 187, 06.2016г., С. 235-237 (входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar).
11. Богдан Г.А. Цифровий вимірювач фазового часу проходження ультразвукових сигналів / С.В. Грузин, В.Г. Баженов, Г.А. Богдан // XI міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування 2012: стан і перспективи». Збірник тез доповідей / НТУУ «КПІ», Приладобудівний факультет. – Київ, 2012. – С. 214-215.
12. Богдан Г.А. Стробоскопічний спосіб вимірювання фазового часу проходження радіоімпульсних сигналів / С.В. Грузин, В.Г. Баженов, Г.А. Богдан // XII міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування 2013: стан і перспективи». Збірник тез доповідей / НТУУ «КПІ», Приладобудівний факультет. – Київ, 2013. – С. 234.
13. Галаган Р.М. Розробка стохастичної моделі ультразвукового неруйнівного контролю виробів порошкової металургії / Р.М. Галаган // Вісник НТУУ «ХПІ». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. - № 19 (1062). – С. 117-125. – ISSN 2079-4525.
14. Галаган Р.М. Методи та засоби контролю відкритої мікроскопічної пористості фарфорових ізоляторів / Р.М. Галаган // Вісник Національного Технічного Університету України «КПІ». Серія приладобудування. – Київ. – 2014. – № 48(2). – С. 57-65.

15. Галаган Р.М. Анализ погрешностей измерения скорости распространения ультразвуковой волны в многофазных порошковых материалах. Часть 1: влияние субъективной погрешности / Р.М. Галаган, Г.А. Богдан // Вісник Національного Технічного Університету України «КПІ». Серія приладобудування. – Київ. – 2015. – № 49(1). – С. 53-60.
16. Галаган Р.М. Анализ погрешностей измерения скорости распространения ультразвуковой волны в многофазных порошковых материалах. Часть 2: влияние инструментальной и методической погрешностей / Р.М. Галаган, Г.А. Богдан // Вісник Національного Технічного Університету України «КПІ». Серія приладобудування. – Київ. – 2016. – № 51(1). – С. 52-57.
17. Богдан Г.А. Застосування дискретного ортогонального методу вимірювання фази для визначення характеристик матеріалів ультразвуковим методом / Г.А. Богдан, А.Г. Протасов // Наукові вісті НТУУ «КПІ». Серія Технічні науки. – Київ, 2016. – Вип. 2. – С. 87-93 (входить до міжнародних наукометричних баз WorldCat, РИНЦ, Google Scholar, BASE, OpenAIRE та інших).
18. Богдан Г.А. Цифровая система измерения фазовых сдвигов радиоимпульсных сигналов / Г.А. Богдан, В.Г. Баженов, М.В. Кравченко // Международный научно-исследовательский журнал - Екатеринбург - 2016 - №4(46) Часть 2 - С. 36-39 (входить до міжнародних наукометричних баз WorldCat, РИНЦ, Google Scholar, та інших).
19. Богдан Г.А. Анализ влияния позиционирования ультразвуковых датчиков на точность измерения скорости распространения ультразвуковой волны / Г.А. Богдан // Вісник Інженерної академії України. – Київ, 2016. – №2. – С. 69-71 (входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar).
20. Богдан Г.А. Разработка рекомендаций по повышению точности измерения скорости распространения ультразвуковой волны в многофазных порошковых материалах / Р.М. Галаган, Ж.А. Павленко, Г.А. Богдан // XIV міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування 2015: стан і перспективи». Збірник тез доповідей / НТУУ «КПІ», Приладобудівний факультет. – Київ, 2015. – С. 187.
21. Богдан Г.А. Исследование упругих и микроструктурных характеристик порошковых конструкционных материалов с использованием ультразвуковых методов неразрушающего контроля / Р.М. Галаган, Г.А. Богдан // 7 Міжнародна науково-технічна конференція "Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання". Збірник тез доповідей. – Івано-Франківськ, 2014. – С. 81-85.
22. Богдан Г.А. Реконфигурируемая универсальная измерительная система / Баженов В.Г., Богдан Г.А., Грузин С.В. // 9-я Международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2016» (23-25 ноября 2016г. г. Минск, Республика Беларусь). Материалы конференции / БНТУ. – Минск, 2016. – С. 21-22.
23. Богдан Г.А. Ультразвуковые системы диагностики изменения физико-механических характеристик конструкционных материалов / Г.А. Богдан // XVI міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування 2017: стан і перспективи». Збірник тез доповідей / НТУУ «КПІ», Приладобудівний факультет. – Київ, 2017. – С. 145.